



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Energiakorjausten vaikutus asuinkerrostalojen energiatalouteen

Ville Mäkilä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Rakennustekniikka
Kiinteistönpito ja korjausrakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Kiinteistönpito ja korjausrakentaminen

Ville Mäkilä:

Energiakorjausten vaikutus asuinkerrostalojen energiatalouteen

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Huhtikuu 2017

As Oy Papinpyölässä, As Oy Urheilukentänkatu 3-5:ssä ja As Oy Lukkarinpellossa on tehty vuosien aikana monia niiden asuinkerrostalojen energiatalouteen vaikuttavia energiakorjauksia. Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää, onko energiankulutus vähentynyt ja kuinka kannattavia tehdyt energiakorjaukset olivat. Kohteiden kaukolämmönkulutusta ja sähkönkulutusta tarkasteltiin aikavälillä 2001-2015.

Asunto-osakeyhtiöissä tehdyt merkittävämmät energiakorjaukset olivat julkisivuremonttien yhteydessä tehdyt lisälämmöneristykset ja myöhemmin tehty LVI-huolto, jonka yhteydessä säädettiin lämmönjakelu. Putkiremontti, jonka yhteydessä käyttövesikalusteet uusittiin ja siirryttiin kulutusperusteiseen laskutukseen vedenkäytössä. Sekä parvekekuna ja -oviremontti, jossa parvekkeikkunat ja -ovet uusittiin nykymääräysten mukaisina ja paremmin lämpöä eristävinä.

Jokainen tehty energiakorjaus on parantanut asuinkerrostalojen lämpöenergiankulutusta merkittävästi. Verrattaessa asuinkerrostalojen lämpöindeksiä vuodelta 2015 vuoteen 2001 ollaan se onnistuttu puolittamaan. Myös jokaisen energiakorjauksen kannattavuutta tarkasteltiin. Julkisivujen lisälämmöneristys sekä ikkuna- ja parvekeoviremontit olivat laskennallisesti kannattavia energiakorjauksia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Facility engineering and renovations

Ville Mäkilä:
Energy management projects and their effects on apartment buildings

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 11 pages
April 2017

Housing cooperatives Papinpyöli, Urheilukentänkatu 3-5 and Lukkarinpelto have made many energy management projects over the years. The objective of this thesis was to find out how successful the energy management projects have been and what kind of results have been achieved. The subject's heat and electricity consumptions were examined between 2001-2015.

The most significant energy management projects made in the housing cooperatives were adding thermal insulation during the facade renovation and HVAC renovation which included the adjustment of the heat distribution. Plumbing renovation, where the water fittings were renewed and the housing cooperatives started to charge for water usage in accordance with consumption. Balcony window and balcony door renewal, where the balcony windows and balcony doors were replaced with new energy efficient models.

Every energy management project has affected the heat consumptions of the apartment buildings significantly. Heat consumption has been successfully halved from 2001 to 2015. In addition, all energy management products were reviewed with payback method. Facade renovation and balcony window and balcony door renewal projects were found out to be worthwhile.

Key words: building renovation, thermal insulation, energy efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	Kiinteistön energiatalous	8
2.1	Energiakorjaukset	9
2.1.1	Ulkoseinän lisälämmöneristys	10
2.1.2	Ikkunat.....	12
2.1.3	Ilmastointi	15
2.1.4	Vesi- ja viemärijärjestelmä	16
2.2	Energiatodistukset.....	17
2.3	Kannattavuuslaskelmat	18
2.4	Lämmitysenergian kulutuksen esitys.....	20
3	Kohde	22
3.1	Tiedot ja sijainti	22
3.2	Rakenteet sekä korjaustyöt	24
3.2.1	Julkisivut	24
3.2.2	LVI.....	25
3.2.3	Ikkunat ja parvekeovet	26
4	Lämmönkulutus ja kustannukset	27
4.1	Lämmönkulutus	27
4.2	Lämmityskustannukset	29
4.3	Sähkönkulutus.....	31
4.4	Toimenpiteiden kannattavuus	31
4.5	Herkkyystarkastelut	32
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
6	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38
	Liite 1. Kaukolämmön ja käyttöveden kulutustiedot	38
	Liite 2. Sähkönkulutus taloyhtiöissä	39
	Liite 3. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmat.....	40
	Liite 4. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmat.....	41
	Liite 5. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyytstarkastelu.....	42
	Liite 6. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyytstarkastelu.....	43
	Liite 7. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyytstarkastelu.....	44
	Liite 8. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyytstarkastelu.....	45
	Liite 9. As Oy Lukkarinpellon energiatodistus	46
	Liite 10. As Oy Urheilukentänkatu 3-5:n energiatodistus.....	47

Liite 11. As Oy Papinpyölin energiatodistus.....	48
--	----

ERITYISSANASTO

Betonisandwich	Julkisivuelementti, joka muodostuu betonisista kuorista ja niiden välissä olevasta lämmöneristeestä
Energiakorjaus	Korjaus, joka parantaa rakennuksen energiatehokkuutta
KWh	Kilowattitunti
Lämpöindeksi	Lämpöindeksi tarkoittaa vuodessa käytetyn lämmitysenergian suhdetta rakennustilavuuteen (KWh/rak-m)
MWh	Megawattitunti
U-Arvo	Lämmöneristävyttä kuvataan lämmönläpäisykertoimella ($W/(m^2K)$)
Ulkovaippa	Rakennuksen osat, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta

1 JOHDANTO

Viime vuosina energiatehokkuuden merkitys on korostunut. Energiatehokkuutta määrittävät säädökset ovat kiristyneet ilmastonmuutoksen ja päästöjen vähentämisen johdosta. Energiaverotuksen kautta tämä näkyy myös lämmityskustannuksissa. Koko Suomen energian loppukäytöstä rakennuksien lämmitykseen kuluu 22 %. Energian loppukäyttö tarkoittaa energiaa, joka jää siirto- ja muuntohäviöiden jälkeen yritysten, kotitalouksien ja muiden kuluttajien käyttöön. Rakennusten lämmitykseen kuluu siis huomattava määrä Suomen energiankäytöstä.

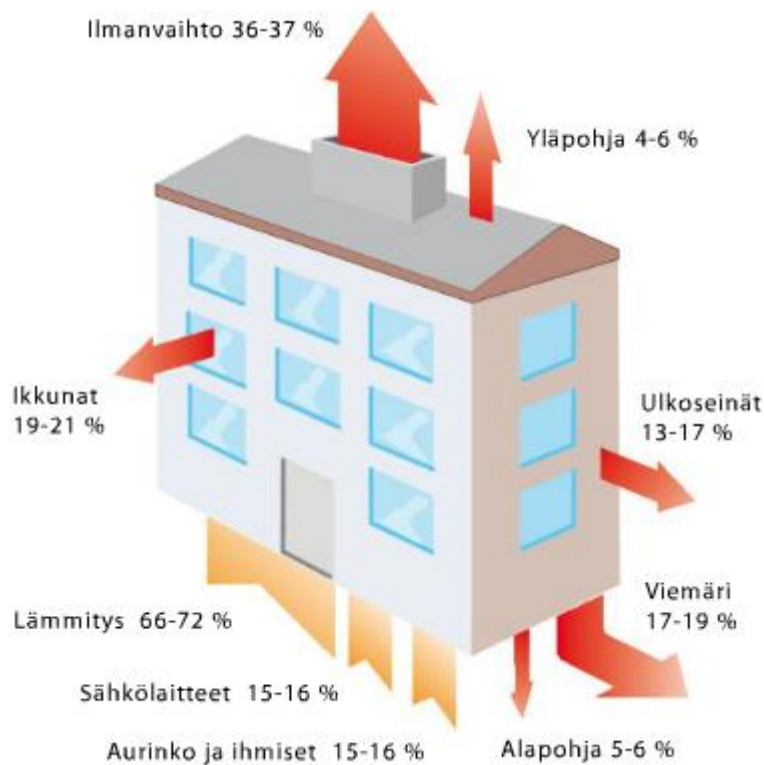
Rakennusten energiatehokkuutta ohjataan rakennusmääräyksillä, jotka ovat viime vuosina tiukentuneet entisestään. Rakennusmääräyksillä ei voida kuitenkaan vaikuttaa jo rakennettujen asuintalojen energiatehokkuuteen. Energiatehokkuutta on siis parannettava ylimääräisillä energiakorjauksilla tai ne on tehtävä muiden korjausten yhteydessä. Ulkovaipan korjaukset ovat yleisiä, sillä rakennuksen ulkokuori on jatkuvasti säärasitteiden alaisena. Ulkovaipan energiakorjauksilla voidaan saavuttaa jopa 25 % säästöt energiankulutuksessa. Ulkovaipan lisälämmöneristyksellä voidaan siis saavuttaa huomattava säästö energiankulutuksessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tehtyjen julkisivukorjausten vaikutukset valikoitujen asuinkerrostalojen energiatalouteen. Samalla selvitykseen sisältyi myös lämmityksen kustannuksien tutkiminen. Työn toteutus perustui vuosittaisten kulutuslukemien tarkasteluun sekä korjaussuunnitelmien tutkimiseen.

Kohteena työssä oli viisi Forssalaista asuinkerrostaloa, joilla on yhteinen lämmönjakokeskus. Kaikkiin asuinkerrostaloihin on tehty julkisivuremontti ja lisälämmöneristys yhteisenä urakkana. Myöhemmin taloyhtiöissä tehtyjä energiakorjauksia ovat myös putkiremontin yhteydessä uusitut käyttövesikalusteet sekä ikkuna- ja parvekeoviremontti.

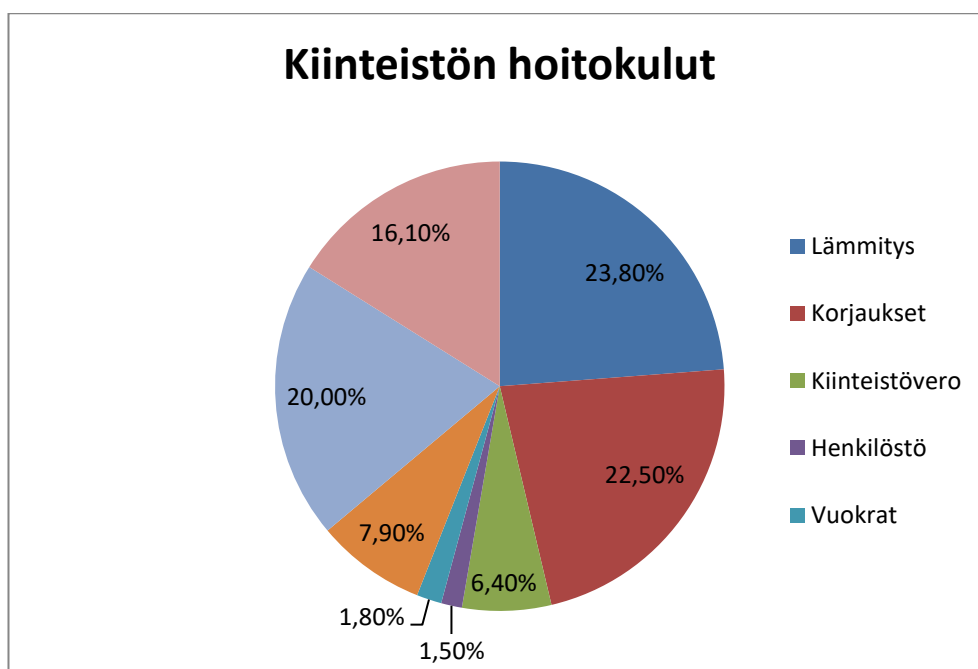
2 Kiinteistön energiatalous

Kiinteistön energiakorjaukset ovat korjauksia, joissa rakennuksen energiankulutusta parannetaan tietyin tavoin. Jotta energiakorjauksia voidaan tehdä, täytyy tietää mistä rakennukseen tulee lämpöä ja mitä kautta sitä häviää. Lämpöenergiatase kuvaa lämpöenergian tulemistä ja häviämistä rakennuksessa. (Taloyhtiön energiakirja 2016, 15-16.)



KUVA 1. Lämpöenergiatase 1960-1980-lukujen asuinkerrostaloissa. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 19)

Kuvasta 1 on huomattavissa, että kolme suurinta lämpöhäviöiden aiheuttajaa ovat ilmanvaihto, lämmin käyttövesi ja ikkunat. Ylä- ja alapohjasta lämpöhäviöitä ei juuri tule, mutta ulkoseinät ovat lämpöhäviöistä myös merkittävä osa. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 18-20.)



KUVIO 1. Kerrostaloyhtiöiden kulujen rakenne vuonna 2013 (tilastokeskus)

Kuten edellisestä kuvasta näkyy suurimmat yksittäiset hoitokuluerät kiinteistölle tulevat lämmityksestä, vedestä ja sähköstä. Nämä hoitokuluerät katetaan vuokratuotoilla tai vastikkeilla, jotka osakkaat maksavat. Lämmityksen, veden ja kiinteistösähkön osuus kiinteistön hoitokuluista on keskimäärin 36 prosenttia. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 18-20.)

Taloyhtiön kulutuksen kehityksen seuraaminen ja vertaaminen muihin vastaavien kiinteistöjen kulutustietoihin on tärkeää ja helpoin tapa arvioida energiansäästötoimien tarpeellisuutta. Useassa taloyhtiössä sisäilman lämpötilat ovat liian korkeita. Sopiva lämpötila huoneilmalla on 20-22 °C. Liian korkeat lämpötilat kuluttavat hukkaan energiaa ja rahaa sekä lisäksi korkeat lämpötilat ovat haitaksi terveydelle. Liian korkea lämpötila myös alentaa ilman suhteellista kosteutta, joka voi aiheuttaa väsymistä, kuivuuden tunnetta ja hengitystieoireita. Sisäilmatilan yhden asteen laskeminen laskee lämmityskuluja noin viisi prosenttia, joten sisäilman lämpötiloja on syytä tarkkailla. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 15-17.)

2.1 Energiakorjaukset

Kiinteistön korjaussuunnittelu saa alkunsa elinkaaritarkastelusta. On varmistuttava missä vaiheessa rakennus on elinkaarensa ja mikä on rakenteiden ja teknisten laitteiden ikä.

Kaikilla rakenteilla ja teknisillä laitteilla on tekninen käyttöikä, jonka jälkeen niitä joudutaan kunnostamaan tai uusimaan. Korjausten yhteydessä on hyvä miettiä voiko laitteen korvata kokonaan tai saako sen energiataloutta parannettua. Energiataloutta kannattaa miettiä jo pelkästään energian jatkuvan kallistumisen vuoksi. Markkinoilla tapahtuvien muutosten ja energiapoliittisten päätöksien takia kaukolämmön, öljyn ja sähkön hinta ovat nousukierteessä. Energian hintakehityksen seuraaminen on kiinteistölle tärkeää, sillä hoitokuluista 30-45 prosenttia menevät lämmitykseen, sähköön ja veteen. Energiatehokkuuden parantaminen lisää myös asumisviihtyvyyttä, sillä se tasaa asuntojen lämpötiloja ja parantaa ilmanvaihtoa. Energiatalouden parantamisessa ei pidä keskittyä pelkästään kulujen säästöihin, vaan pitää pyrkiä kokonaistaloudelliseen ratkaisuun. Energiatalouden parantamisen lisäksi on myös rakennusten sisäilmaan keskitettävä huomiota. Hyvällä sisäilmanlaadulla on suuri vaikutus asukkaiden terveyteen ja elämänlaatuun. Ellei energiatehokkuuden parantamisen kokonaisuutta suunnitella kunnolla, voivat tehdyt muutokset viedä huonompaan suuntaan. Energiatehokkuuden parantavien toimenpiteiden vaikutukset sisäilmanlaatuun on selvitettävä kunnolla ennen toimenpiteisiin ryhtymistä. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 43-48.)

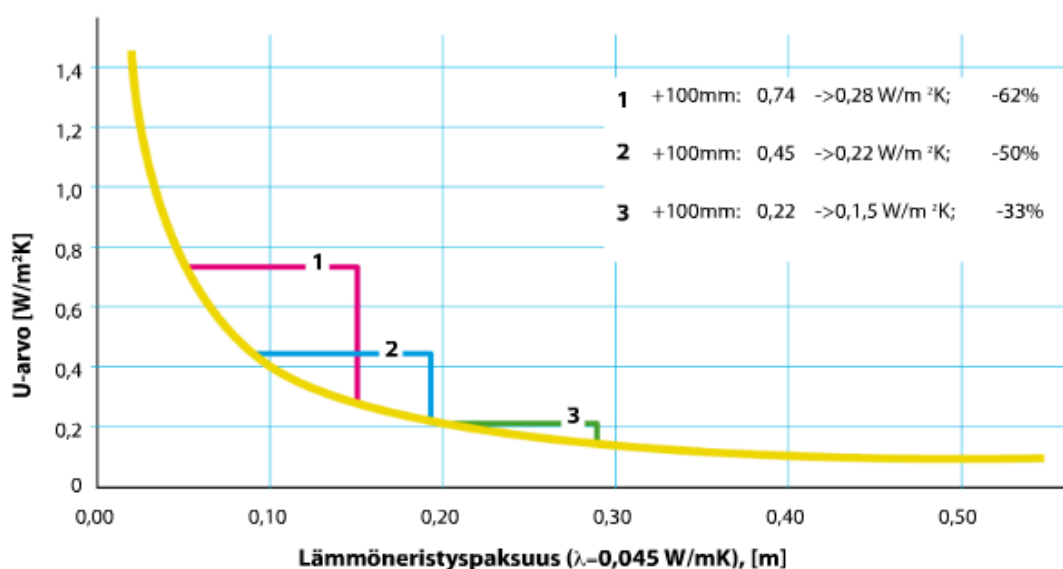
Rakennuksen energiakorjausten vaikutuksien arviointi on hyvin epävarmaa. Lopputulokseen vaikuttaa hyvin paljon vanhat olemassa olevat rakenteet sekä työn laatutaso. Lisäeristämisen jälkeen täytyy myös lämmitys ja ilmanvaihto säätää uudelleen. Energiansäästö voi jäädä saavuttamatta, jos säätöä ei tehdä huolellisesti. Onnistunut energiakorjaus vaatii työn jälkeistä laadunvarmistusta ja jatkuvaa seurantaa. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 57-58.)

2.1.1 Ulkoseinän lisälämmöneristys

1960-1970-luvuilla rakennuttujen asuinkerrostalojen ulkoseinät ovat tyypillisesti betoni-sandwich-rakenteisia. Yleisiä vauriota aiheuttavia mekanismeja ulkoseinille ovat pakkasrapautuminen sekä betoniterästen korroosio. Pakkasrapautumisessa betonirakenteen sisässä oleva vesi jäätyy ja laajenee aiheuttaen vaurioita. Betoniterästen korroosio eli ruostuminen paksuntaa betonirakenteessa olevan teräksen halkaisijaa ja aiheuttaa lopulta betonipintaan halkeamia ja lohkeamia. Peittävässä korjauksessa, jossa tehdään lisälämmöneristys, saadaan edellä mainittujen vauriomekanismien eteneminen hidastettua. (Julkisivuopas, 19-24.)

Tekninen käyttöikä 1960-1980-luvuilla rakennetuille betonisandwich-elementeille voidaan arvioida olevan 30-50 vuotta. Tuohon käyttöikään ei kuitenkaan päästä, ellei suunnitelmallinen julkisivujen ylläpito ole kunnossa. Korjausmenetelmästä riippuen julkisivujen käyttöikää voidaan pidentää. Korjaushankkeissa, joissa rakennuksen ulkonäkö muuttuu, tulee ottaa muutoksien vaikutukset huomioon. Etenkin julkisivun lisälämmöneristämistä suunniteltaessa on seinän paksuntaminen otettava huomioon ja sen vaikutukset sokkeliin, ikkunoihin ja räystäisiin. Yleinen energiakorjaustapa asuinkerrostoissa on juurikin lisätä julkisivujen korjauksien yhteydessä eristevahvuuksia. Pelkästään energian säästön takia energiakorjauksia ei kannata tehdä. Ulkoseinän lisäeristäminen kannattaa silloin, kun ulkoseinärakenne on korjauksen tarpeessa. Näin saadaan energiataloudellisempi rakennus määräaikaisten korjauksien yhteydessä. (Taloyhtiön energia-kirja 2011, 71-73.)

Ulkoseinän korjaustavat voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: Kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin korjauksiin. Kevyissä korjauksissa on tyypillistä korjata vain pinnoitusta ja korjaukseen voi sisältyä myös jonkin verran laastipaikkauksia. Kevyissä korjauksissa ei paranneta ulkoseinärakenteen energiatehokkuutta. Keskiraskaita korjausmenetelmiä ovat esimerkiksi vanhan rakenteen päälle tehtävät levyverhoukset, eristerappaukset tai ripustettavat laatat ja levyt. Keskiraskaiden korjausmenetelmien yhteydessä lisäeristys on mahdollista ja myös suositeltavaa. Asennettavan lisälämmöneristysten paksuus kyseisissä korjausmenetelmissä on yleensä 50-100 mm. Raskaissa korjauksissa betonielementin ulkokuori uusitaan sen huonon kunnon takia ja vanha eriste voidaan korvata uudella paremmalla lämmöneristeellä. (Julkisivuopas, 19-24.)



KAAVIO 1. Lisälämmöneristysten hyödyt riippuen lähtötilanteesta. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 73)

Energiansäästötoimenpiteiden tekeminen julkisivukorjauksien yhteydessä lisää kustannuksia noin 5-15 %. Lisäkustannukset ovat siis verrattain pienet ja kannattavuus hyvä, kun toimenpiteet ajoitetaan oikein rakennuksen elinkaarta ajatellen. Saatava energiansäästö riippuu kuitenkin paljon vanhan rakenteen lämmöneristyskyvystä, sillä lämmöneristyskyky ei parane suoraviivaisesti eristeen paksuutta lisätessä. Kaaviossa 1 on esitetty lisälämmöneristysten hyödyt riippuen lähtötilanteesta. Kuvaajassa on esitetty kolme eri tilannetta lisälämmöneristyksessä. Ensimmäisessä tilanteessa lisäämällä 100 mm lämmöneristettä rakenteeseen, jonka U-arvo on 0,74, saavutetaan 62 % pienennys rakenteen U-arvossa. Lisäämällä 100 mm eristettä rakenteeseen, jonka U-arvo on 0,22 saavutetaan enää vain 33 % pienennys. Lämmöneristystä ei voida siis loputtomasti lisätä energiansäästön toivossa. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 73-75.)

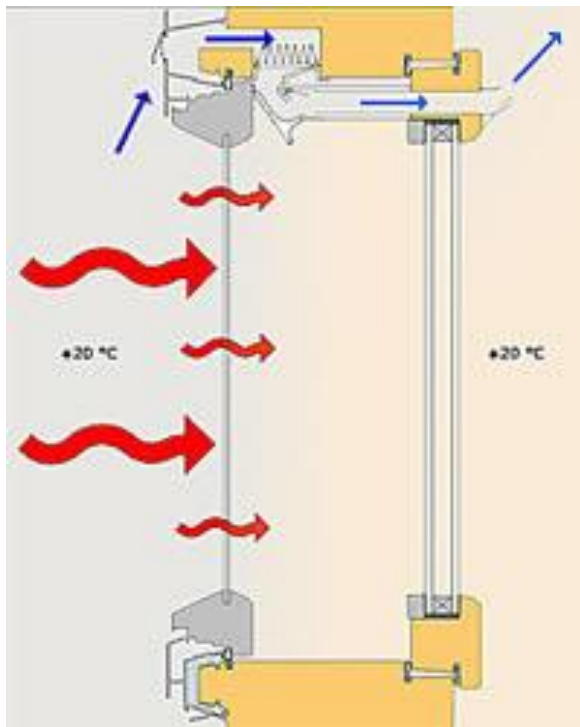
2.1.2 Ikkunat

Ennen 1970-luvun puoliväliä ikkunat olivat Suomessa yleensä kaksilasisia puuikkunoita (U-arvo 2,7-3,0 W/m²K). Öljykriisin aiheuttaman säästöbuumin takia 1970-luvun puolivälin jälkeen ikkunoissa siirryttiin kolmilasiseen rakenteeseen (U-arvo 2,0-2,5 W/m²K). 1980-luvulla siirryttiin käyttämään eristyslaselementtiä, jossa yksi lasien väli on täytetty eristävällä kaasulla (U-arvo 1,8-2,1 W/m²K). Ensin kaasuna käytettiin ilmaa, mutta ny-

kypäivänä kaasuna käytetään argon- tai kryptonkaasua vielä paremman eristyskyvyn takia. Puualumiini-ikkunat korvasivat puuikkunat 1990-luvulla. Nykypäivän perusikkunoilla U-arvo on 1,0 W/m²K, jonka lämmöneristävyys on noin kolme kertaa parempi kuin 1970-luvun ikkunoilla. Parhaiten eristävillä ikkunoilla U-arvot ovat vielä paremmat 0,6-0,8 W/m²K. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 76.)

Ikkunoiden käyttöikä riippuu ikkunan materiaaleista ja huollosta. Puuikkunoiden teknisen käyttöiän voidaan olettaa olevan noin 30 vuotta ja puualumiini-ikkunoiden 60 vuotta. Puuikkunoiden käyttöikä riippuu paljolti siitä, kuinka isojen rasitusten alla ne ovat. Isoimpia rasitusten aiheuttajia ovat säärasitukset: Viistosade ja auringon säteily. Kiinteistön kuntoarvio näyttää ikkunoiden kunnan ja mitkä korjaustoimet on tehtävä. Vanhat huonossa kunnossa olevat ikkunat ovat rasite kiinteistön energiataloudelle. Ikkunoiden uusimisella voidaan vanhojen ikkunoiden kunnosta riippuen saavuttaa noin 10-16 prosentin säästö kaukolämmön kulutuksessa. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 76-80.)

Ikkunoilla on vaikutusta myös kiinteistön ilmanvaihtoon. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on tarkastettava ilmanvaihdon kunnollinen toiminta. Huoneistojen korvausilma voi olla peräisin vanhojen ikkunoiden ilmavuodoista ja ikkunat uusiessa ilmavuotoja ei enää ole ja tuloilman määrä jää riittämättömäksi. Pahimmassa tapauksessa huoneisto alkaa vetämään korvausilmaa muualta. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on varmistettava korvausilmaventtiilien asennuksesta ja ilmanvaihtojärjestelmän säätämisestä uuteen tilanteeseen sopivaksi. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 79-81.)

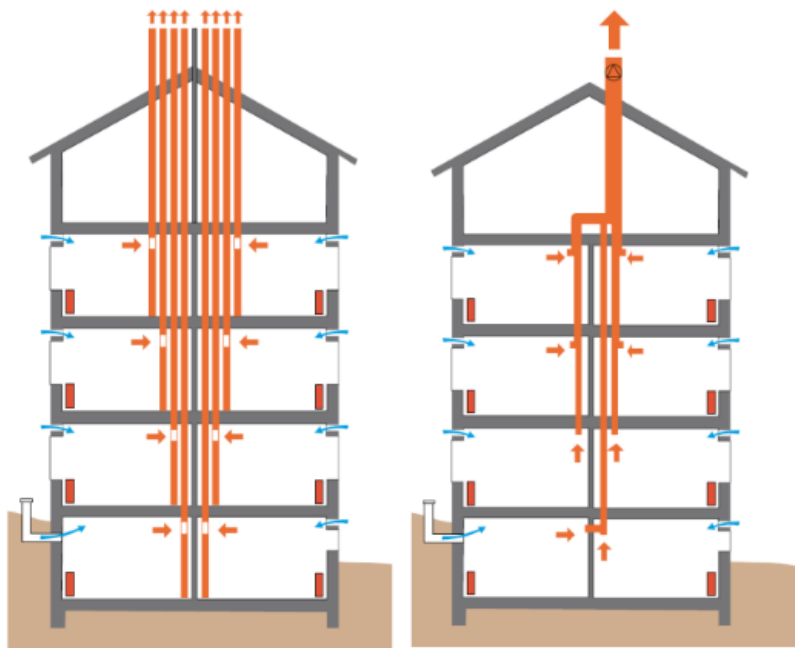


KUVA 2. Tuloilmaikkunan toimintaperiaate (Biobe.fi 2016)

Jos kiinteistössä on koneellinen poistoilmanvaihto, on suositeltava valita uusiksi ikkunoiksi tuloilmaikkunat. Uudet tuloilmaikkunat toimivat talvella kuten lämmöntalteenotolaite, jossa korvausilma lämpenee ikkunalasien välissä ja nousee yläkautta huoneistoon. Samalla asumisviihtyvyyttä lisäätty, kun korvausilma ei ole liian kylmää. (biobe.fi 2016.)

2.1.3 Ilmastointi

1960-luvun alkuun asti asuinkerrostaloissa yleisin ilmanvaihtoratkaisu oli painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaisen ilmanvaihdon jälkeen koneelliset poistoilmanvaihtojärjestelmät yleistyivät ja ne olivat suosituin ratkaisu 2000-luvulle asti. Energiataloudellisesti ajateltuna molemmat ratkaisut ovat huonoja, sillä poistoilman lämpö menee niissä täysin hukkaan. Lämmöntalteenottomenetelmät yleistyivät vasta 2000-luvulla kiristyneiden rakentamismääräysten johdosta. (Taloyhtiön energiakirja 2016, 85.)



KUVA 3. Painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poisto. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 85)

Tekninen käyttöikä painovoimaisella ilmanvaihdolla on yhtä suuri kuin koko järjestelmän elinikä. Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä puhallin joudutaan uusimaan 10-30 vuoden välein. 1970-luvulla poistoilmakanavat rakennettiin peltikanavista. Peltikanavat täytyy tarkistaa ja puhdistaa vähintään 10 vuoden välein, jotta järjestelmän toimivuus on taattu. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 85-86.)

Sisäilman tulee huoneistossa vaihtua noin kerran kahden tunnin aikana. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kello-ohjaus voi aiheuttaa sen, että tämä ei aina toteudu. Kello-ohjaus ohjaa ilmanvaihdon toimimaan täydellä teholla vain osan aikaa päivästä. Jos makuuhuoneen ovi on usein kiinni voi hiilidioksidipitoisuus huoneessa nousta liian korke-

aksi. Korkea hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa päänsärkyä ja väsymystä. Huono ilmanvaihto voi myös nostaa sisäilman kosteuden liian korkeaksi. Korvausilman tuonti huoneistoon voi olla myös ongelmana painovoimaisessa ja koneellisessa ilmanvaihdossa. Korvausilman tuonti vedottomasti huoneistoon voi olla talvella ongelmana. Korvausilma-aukkoja ei silti pidä tukkia vedontunteen vuoksi koska ilmanvaihto ei toimisi enää suunnitellusti ja huonoa korvausilmaa voisi alkaa tulla esimerkiksi porraskäytävästä. Painovoimaisessa järjestelmässä ilman vaihtuvuus voi olla hyvin pientä kesäisin, koska järjestelmässä ilmanvaihtuvuus perustuu lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin sisä- ja ulkotilojen välillä. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 86-87.)

Ilmanvaihtojärjestelmän uudistaminen kannattaa, sillä hyvin toteutettuna lämmöntalteenotolla varustetulla ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan saada 15-30 prosentin säästö vuotuisessa lämmönkulutuksessa. Myös ilmanlaatu paranee, sillä tuloilma saadaan suodatettua ja epäpuhtaudet eivät pääse huoneilmaan. Uusi ilmanvaihtojärjestelmä pitää huolen myös riittävästä ilmanvaihtuvuudesta, etteivät sisäilman hiilidioksidipitoisuudet pääse nousemaan liian korkeiksi. Asumismukavuus myös paranee, sillä uusi ilmanvaihtojärjestelmä voidaan varustaa mahdollisuudella säätää ilmanvaihtoa itse tarpeen mukaan. Vedon tunnettakaan ei pitäisi enää esiintyä, sillä huoneisiin tuotava ilma voidaan lämmitellä lämmöntalteenoton avulla sopivaksi. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 99-102.)

2.1.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Putkiremonttienkin yhteydessä voidaan parantaa energiatehokkuutta. Uusilla vesikalusteilla säästetään vedenkulutuksessa ja siirtymällä huoneistokohtaiseen vedenmittaukseen ja laskutukseen voidaan ohjata käyttäjiä säästämään vettä. Tutkimuksien mukaan huoneistokohtaiseen laskutukseen siirtyessä vedenkulutus vähenee jopa 15-20 prosenttia. Tärkein edellytys alhaiselle vedenkulutukselle on kuitenkin oikein toimiva käyttövesiverkosto. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 103.)

1970-luvulla yleisin kylmän ja kuumen käyttövesijohtomateriaali kerrostaloissa oli kupari. Viemäreissä on käytetty valurautaputkia tai muoviviemäreitä 1960-luvun jälkeisissä rakennuksissa. Valurautaisten ja muovisten viemäreiden käyttöikä on noin 50 vuotta. Käyttövesiverkoston käyttöikä on noin 40 vuotta kupariputkilla ja 20 vuotta teräsputkilla.

Vesi- ja viemärikalusteiden käyttöikä on noin 30 vuotta. Tyypillisiä vaurioita vesijohtoverkossa ovat putkien korroosiosta aiheutuvat vuodot ja tukkeumat. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 102-103.)

Putkiremontilla on huomattavia vaikutuksia kiinteistön energiatalouteen. Pelkästään vanhojen vesihanojen uusimisella voidaan saavuttaa 10-25 prosentin säästö vedenkulutuksessa. Vanhat WC-istuimet voivat käyttää huuhteluun yli kaksi kertaa enemmän vettä kuin nykyaikaiset. Huoneistokohtaisiin vesimittareihin siirtymällä vedenkulutus voi vähentyä jopa 15-20 prosenttia, joka vähentää samalla lämmitysenergian kulutusta. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 103.)

2.2 Energiatodistukset

Energiatodistus on rakennuksen energiatehokkuutta kuvaava asiakirja ja samalla myös työkalu rakennusten energiatehokkuuden vertailuun. Energiatodistuksessa esitetty energiatehokkuusluokka perustuu pelkästään laskennalliseen energiankulutukseen. Rakennuksen käyttäjillä ei ole vaikutusta energiatodistukseen vaan se mittaa pelkästään rakennuksen ominaisuuksia. Näin vertailu eri rakennusten välillä on helpompaa. Energiatodistuksessa esitetään myös toteutunut energiankulutus. Energiatodistukseen on sisällytetty myös rakennuksen energiatehokkuutta parantavia toimenpide-ehdotuksia. (Mikä on energiatodistus? Motiva 2016.)

Energiatodistuksessa oleva rakennuksen energialuokka perustuu rakennukselle laskettavaan E-lukuun. Se koostuu rakennuksen laskennallisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta painotettuna eri energiamuotojen kertoimilla. E-luku ilmaisee rakennuksen laskennallisen ostoenergian kulutuksen neliömetriä kohden vuodessa eli sen yksikkö on kWh/m²-vuosi. (Mikä on energiatodistus? Motiva 2016.)

TAULUKKO 1. Energiamuodon kertoimet (Motiva 2016)

Sähkö	1,7
Fossiiliset polttoaineet	1
Kaukolämpö	0,7
Uusiutuvat polttoaineet	0,5
Kaukojäähdytys	0,4

Energiatodistus tulee esittää rakennuslupaa haattaessa tai myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistusvaatimukset ovat Suomessa asteittain kiristymässä. Vuonna 2013 uusi energiatodistus tuli pakolliseksi uudisrakennuksille, asuinkerrostaloille ja pientaloille, jotka on rakennettu vuoden 1980 jälkeen. Vuonna 2014 lisättiin uusi energiatodistus koskemaan myös rivi- ja ketjutaloja sekä liike- ja toimistorakennuksia. Vuonna 2015 mukaan tulivat hoitoalan rakennukset sekä kokoontumis- ja opetusrakennukset. Vuonna 2017 uusien todistusten piiriin ovat tulossa myös olemassa olevat uimahallit, jäähallit, varastorakennukset, liikenteen rakennukset, moottoriajoneuvosuojat, puolustusvoimien rakennukset ja suojellut rakennukset sekä ennen vuotta 1980 käyttöönotetut pientalot. Energiatodistus ei koske kuitenkaan kaikkia rakennuksia Esimerkiksi rakennukset, joiden pinta-ala on vähemmän kuin 50 m² ja loma-asunnot, joissa ei ole kokovuotiseen asumiseen tarkoitettua lämmitysjärjestelmää eivät kuulu uuden energiatodistuksen piiriin. (Mikä on energiatodistus? Motiva 2016.)

Parhaissa tapauksissa 1970-luvun kerrostalon on mahdollista päästä energialuokkaan C. Tämä edellyttää ympäristöystävällistä energiamuotoa ja monia energiakorjauksia. (Rakentamisvuosikymmen määrittää talon tyypiviati. Kotitalolehti 2016.)

2.3 Kannattavuuslaskelmat

Takaisinmaksuaika on aika, jona investointi maksaa hintansa takaisin eli nettotuottoja kertyy perushankintamenon verran. Menetelmällä saadaan selville, onko investointi kannattava. Se ei ota huomioon takaisinmaksuajan jälkeisen käyttöajan säästöjä. (Investointilaskentamenetelmät. KH X0-00355.)

$$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} - H = 0$$

TAULUKKO 2. Kaavojen selitteet

H	Perusinvestointi
S_t	Investoinnin nettotuotto vuonna t
t	Laskenta-ajankohta, vuosi
i	Laskentakorkokanta
n	Investoinnin takaisinmaksuaika

Sisäisellä korkokannalla voidaan tarkastella investoinnin kannattavuutta. Investoinnin sisäinen korkokanta on se laskentakorko, jolla investoinnin nettonykyarvo on nolla. Investointi on kannattava, jos sen sisäinen korkokanta on suurempi tai yhtä suuri kuin vaadittu korkokanta. Sisäinen korko lasketaan ratkaisemalla korko r seuraavasta kaavasta. (Investointilaskentamenetelmät. KH X0-00355.)

$$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} + \frac{JA}{(1+r)^n} - H = 0$$

TAULUKKO 3. Kaavojen selitteet

r	Investoinnin sisäinen korkokanta
S_t	Investoinnin nettotuotot vuonna t
JA	Investoinnin jäännösarvo
n	Investoinnin pitoaika
H	Perusinvestointikustannus (hankintahinta)

Energiakorjauksien jäännösarvoksi on laskelmissa valittu 0 ja laskelmat ovat tehty toimenpiteiden elinkaarten ajalle. Laskelmat löytyvät liitteestä 3 ja 4.

Kannattavuuslaskelmissa on suositeltava myös suorittaa laskelmille herkkyystarkastelua. Herkkyystarkasteluissa tarkastetaan koron ja kaukolämmön hinnan muutoksien vaikutuk-

set toimenpiteiden kannattavuuteen. Herkkyystarkastelut ovat käytännössä riskitarkastelua. Herkkyystarkastelulaskelmat löytyvät liitteistä 5 ja 6. (Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuslaskelmat. LVI 02-10018.)

2.4 Lämmitysenergian kulutuksen esitys

Lämmitysenergian kulutus voidaan ilmoittaa ominaiskulutuksena, joko rakennustilavuutta tai rakennuksen pinta-alaa kohden. Kun lämmitysenergia esitetään suhteessa rakennuksen tilavuuteen, on kyseessä lämpöindeksi. Lämpöindeksin avulla voidaan havainnollistaa, kuinka paljon rakennus käyttää lämpöenergiaa rakennuskuutiometriä kohden vuodessa. Lämpöindeksi ilmoitetaan normeerattuna. (Kulutuksen normitus 2016.)

Normeeraus tarvitsee tehdä, kun halutaan verrata eri vuosien lämmönkulutuksia keskenään. Normeeraus on välttämätöntä vertailua varten, sillä mikään vuosi ei ole keskenään samanlainen ja lämmitystarve voi vaihdella paljon eri vuosien välillä. Normeerauksessa käsite tunnetaan nimellä lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku saadaan laskemalla kukin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, joiden keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Laskennassa oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys lopetetaan ulkolämpötilojen ylittäessä edellä mainitut rajat. Vertailtavat lämmönkulutuksen arvot tuodaan vertailtaviksi käyttämällä normaalivuoden lämmitystarvelukua, jonka arvot on saatu vuosien 1981-2010 keskimääräisistä lämmitystarveluvuista. (Kulutuksen normitus 2016.)

Lämmitysenergiankulutuksen normeerauksen laskukaava on seuraava:

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi}$$

Normitus koskee vain rakennuksen lämmittämiseen menevää energiaa. Koska kaukolämpöä kuluu myös käyttöveden lämmittämiseen, on säästä riippumaton käyttöveden lämmittämiseen kulunut kaukolämmön määrä poistettava kokonaislämmitysenergian kulutuksesta. (Kulutuksen normitus 2016.)

TAULUKKO 4. Kaavojen selitteet

Q_{norm}	rakennuksen normitettu lämmitysenergi- ankulutus
$Q_{toteutunut}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen ku- luva energia
Q_{kok}	rakennuksen kokonaislämmitysenergian- kulutus
$Q_{lämm\ddot{u}n\ k\ddot{a}ytt\ddot{o}vesi}$	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia
$S_N\ vpkunta$	normaalivuoden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakun- nalla
$S_{toteutunut\ vpkunta}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosita- solla vertailupaikkakunnalla

Koska lämmitystarvelukuja ei lasketa jokaiselle kunnalle erikseen, on tässä työssä nor-
meerattujen lämmitysenergiankulutuslukujen vertailupaikkakuntana käytetty Lahtea.

3 Kohde

3.1 Tiedot ja sijainti

Kohteena työssä oli viisi Forssan Korkeavahassa sijaitsevaa kerrostaloa, joilla on yhteinen lämmönjakokeskus. As Oy Lukkarinpelto on rakennettu vuosina 1973-1974, As Oy Papinpyöli 1972 ja As Oy Urheilukentänkatu 3-5 1971-1972. Asunto-osakeyhtiöistä isoin on As Oy Lukkarinpelto 23 204 rakennuskuutiometrillään ja 105 huoneistolla, joiden pinta-ala on yhteensä 5 598 m². Toisena on As Oy Urheilukentänkatu 3-5 20 653 rakennuskuutiometrillä ja 89 huoneistolla, joiden pinta-ala on yhteensä 4 865 m². Pienin asunto-osakeyhtiöistä on Papinpyöli 11 490 rakennuskuutiometrillä ja 51 huoneistolla, joiden pinta-ala on yhteensä 2 780 m².

Yhteinen lämmönjakokeskus sijaitsee kuvassa numerolla 1 merkityssä rakennuksessa ja sitä hallinnoi Korkeavahan huolto Oy. Lämpö tuotetaan Korkeavahan Huolto Oy:n lämmönsiirtimiin Vapo Oy:n kaukolämpöverkostosta, josta se edelleen johdetaan osakasyhtiöiden lämmönsiirtimiin. Kukin taloyhtiö maksaa kuluttamansa lämmön alajakokeskuksissa olevien mittauslaitteiden osoittamien kulutuslukujen perusteella. Lämmityksen perusmaksut ja lämpöhävikit jaetaan osakkaiden kesken huoltoyhtiön ja taloyhtiöiden välille aikoinaan laadittujen lämmönhankintasopimusten ehtojen perusteella, jotka perustuvat taloyhtiöiden suurimpiin lämpötehotarpeisiin.

Taloyhtiöiden rakenteet ovat keskenään identtiset. Alkuperäiset rakenteet sekä teetetyt korjaustyöt ovat selostettu luvussa 3.2 Rakenteet sekä korjaustyöt.

Kuvassa kerrostalot numeroituna: 1 ja 2: As Oy Urheilukentänkatu 3-5, 3: As Oy Papinpyöli sekä 4 ja 5: As Oy Lukkarinpelto.



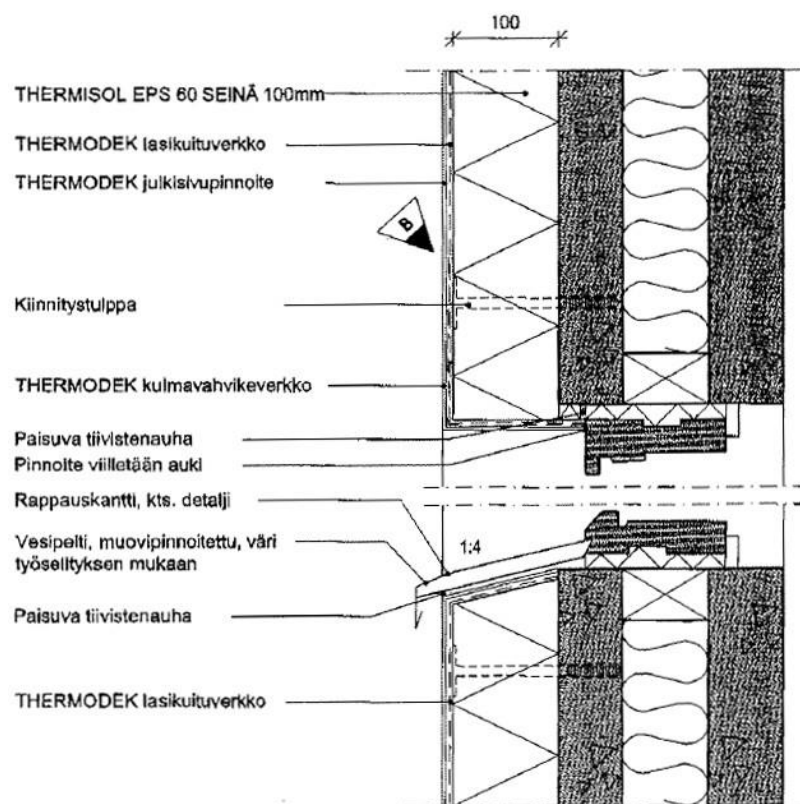
KUVA 4. Asuinkerrostalojen sijainti

Kaikkiin kerrostaloihin on tehty vuonna 2014 uudet energiatodistukset. As Oy Papinpyöli on saanut energiatehokkuusluokaksi F ja As Oy Urheilukentänkatu 3-5 sekä As Oy Lukkarinpelto ovat saaneet energiatehokkuusluokaksi E.

3.2 Rakenteet sekä korjaustyöt

3.2.1 Julkisivut

Asunto-osakeyhtiölaki vaatii asunto-osakeyhtiöitä ottamaan selvää kiinteistön korjaustarpeista seuraavien viiden vuoden aikana. Kuntotutkimus on tutkimus, jossa selvitetään jonkin yksittäisen rakenteen, rakenneosan tai teknisen järjestelmän kunto. Kuntotutkimuksen avulla saadaan selville mahdolliset ongelmat tai vauriot sekä niiden aiheuttaja. Kohteissa vuonna 2001 teetetyin julkisivujen kuntotutkimuksen perusteella päätettiin teettää julkisivukorjaus. Aiemmin yhdessä teetetyistä parvekekorjauksista oltiin saatu hyviä kokemuksia ja säästöjä, joten taloyhtiöt päättivät rakennuttaa julkisivukorjaukset yhdessä asuinkerrostalojen julkisivukorjauksen. Julkisivukorjauksen yhteydessä energiantehokkuutta parannettiin merkittävästi.



RAKENNELEIKKAUS 1. Ikkunaleikkaus

Ikkunaleikkauksessa on esitetty julkisivuremontin jälkeinen uusi ulkokuorirakenne (Rakenneleikkaus 1). Kohteet ovat 1970-luvun alussa rakennettuja asuinkerrostaloja, joiden alkuperäinen ulkoseinärakenne on betonisandwich-elementein rakennettu ulkoseinä. Jo-

kainen taloyhtiö valitsi korjausmenetelmäksi lämpörappausmenetelmän, jonka yhteydessä julkisivut sovittiin lisäeristettäväksi 100 mm:n paksuisella EPS-lämmöneristyslevyllä. Parvekeosuudet julkisivuista jätettiin ilman lisälämmöneristystä. Lämpörappaus eli eristerappaus on kustannustehokas tapa parantaa ulkoseinän U-arvoa. Lämpörappauksessa seinään kiinnitetään eriste kiinnitystulpin ja eristeeseen päälle lasikuituverkkoon tehdään rappaus. Alkuperäiset ulkovaipparakenteiden U-arvot olivat $0.41 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja lisälämmöneristetyllä rakenteella $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.



KUVA 5. Julkisivuremontti

Julkisivuremonttia tehtiin vuoden 2004 maaliskuusta lokakuuhun. Korjaukset alkoivat Lukkarinpellosta ja jatkuen Papinpyöliin sekä lopulta uusi julkisivu saatiin myös Urheilukentänkadulle. Taloyhtiöt saivat julkisivuremontille hyvän tarjouksen, sillä taloyhtiöt kilpailuttivat urakan yhdessä.

3.2.2 LVI

Kaikissa kerrostaloissa on vesikiertoinen patterilämmitys. Lämmitysverkostossa kierrätetään vettä, joka on lämmitetty kaukolämmön lämmönvaihtimessa. Lämmitysverkoston menovesi lämmittää lämmityspattereita, jotka luovuttavat huoneisiin tarvittavan määrän lämpöä.

Kaikissa kerrostaloissa on käytössä koneellinen poistoilmanvaihto. Kaikkiin taloyhtiöihin teetettiin lämmitys-, lämmin käyttövesi- ja ilmanvaihtojärjestelmien säätötoimenpiteet. Talojen yhteisessä lämmönjakohuoneessa uusittiin lämmitysverkon linjasäätöventtiilit, -sulut ja pumput. Lämmitys-, lämmin käyttövesi-, automatiikka- ja ilmastointijärjestelmien korjaus- ja osittaisen uusimistyön viimeiset säätötyöt saatiin vuoden 2007 talvella lopullisesti päätökseen.

Putkiremontit aloitettiin vuonna 2009. Vuonna 2010 valmistuivat putkiremontit kaikissa taloyhtiöissä ja samalla siirryttiin huoneistokohtaisiin vesimittareihin sekä huoneistokohtaiseen laskutukseen. Putkiremontissa vanhat kupariset käyttövesiputket uusittiin komposiittiputkina ja asennettiin uudet käyttövesilaitteet. Asuntojen kylpyhuoneet lämmitetään saneerausten jälkeen sähköpattereilla, joihin johdetaan sähkö kunkin asunnon omasta sähkömittarista.

3.2.3 Ikkunat ja parvekeovet

Julkisivujen ikkunat ovat kolmilasisia puualumiini-ikkunoita vuodelta 1991. Vanhat parvekeikkunat ovat kaksilasisia puuikkunoita ja parvekeovet ikkunallisia puuovia. Kaikki parvekeikkunat ja parvekeovet uusittiin ja vanhat ikkunat huollettiin 2013 loppuun mennessä. Uudet Pihla tuloilmaikkunat toimivat talvella, kuten lämmöntalteenottolaite, jossa korvausilma lämpenee ikkunalasien välissä ja nousee yläkautta huoneistoon. Uudet parvekeovet ovat 1 lehtisiä ulosaukeavia puualumiiniovia. Uusien ikkunoiden U-arvo on 1,0, joten ero vanhoihin 2,0-2,5 U-arvon ikkunoihin on merkittävä. Uudet tuloilmaikkunat vaativat ilmanvaihdon säädön. Uusi ilmanvaihdon säätö saatiin valmiiksi helmikuussa 2014. Kuvassa 6 uuden ikkunan asennuskuva.



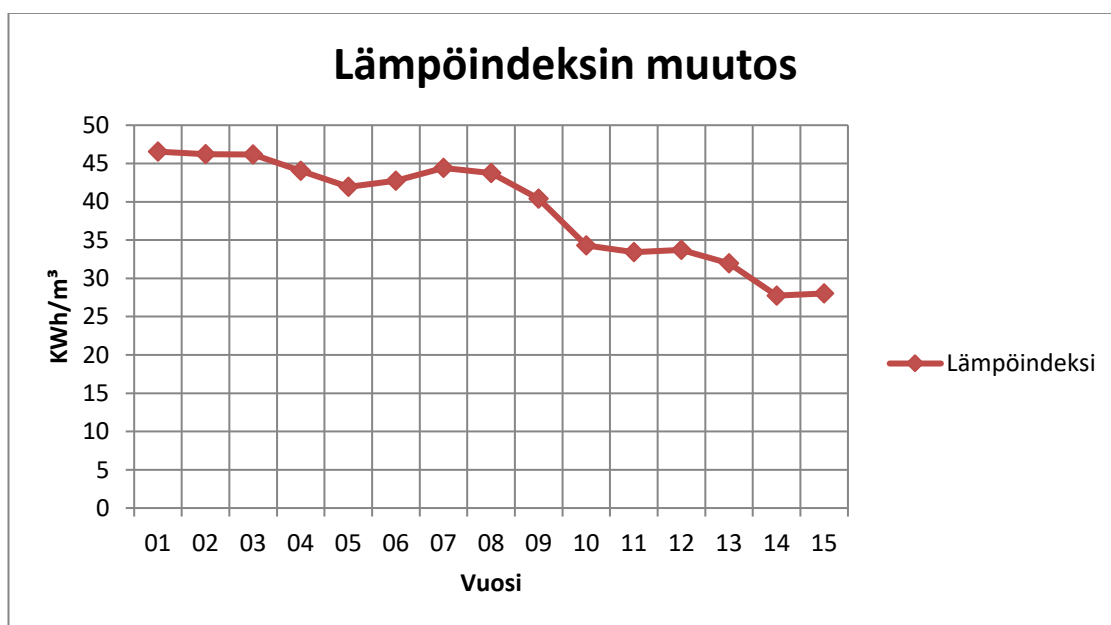
KUVA 6. Uuden ikkunan asennus

4 Lämmönkulutus ja kustannukset

Kiinteistön ylläpito ja energiahallinta vaativat jatkuvaa kulutusseuranta, jotta kulutuspoikkeamat ja äkilliset kulutusmuutokset huomataan ajoissa. Jatkuva kulutusseuranta mahdollistaa kiinteistön tehokkaan energianhallinnan. Ilman huolellista kulutusseuranta kiinteistön teknisiin järjestelmiin voi kehittyä huomaamatta vikoja, jotka luovat ylimääräisiä menoja. Kiinteistön kulutusseuranta tarkoittaa käytännössä kulutusmittareiden lukemista tietyin aikavälein ja kerättyjen mittaustietojen tulkintaa tunnusluvuilla. (Taloyhtiön energiakirja 2011, 46-47.)

4.1 Lämmönkulutus

Kaukolämmön kustannus- ja kulutustiedot on saatu kiinteistöjen toimintakertomuksista ja ne ovat esitetty liitteessä 1.



KUVAAJA 1. Lämpöindeksien keskiarvo tarkastelluissa taloyhtiöissä

Kuvaajan 1 lämpöindeksi kuvaa rakennuksien kaukolämmönkulutusta suhteessa rakennuksien tilavuuteen. Lämmönkulutusluvut ovat normeerattuja, joten eri vuosien lämmönkulutukset ovat vertailtavissa keskenään. Käyttöveden lämmittämiseen kaukolämmöstä

kuluu tavallisesti 20-30 prosenttia, joka vastaa noin 9-12 kilowattituntia rakennuskuitiometriä kohden vuodessa. Kuvaajan 1 lähtötiedot ovat liitteessä 1.

Lämmitysenergian käyttö on vaihdellut vuosittain jonkin verran, mutta lämpöindeksi ei ole heti vuonna 2004 tehtyjen lisälämmöneristyksien jälkeen laskenut, sillä lämmönsäädöt olivat vielä tekemättä. Julkisivun lisäeristämisen jälkeen lämmönsäätöjä ei tehty heti sillä ne päätettiin tehdä LVI-remontin yhteydessä. Lämmitys-, lämmin käyttövesi-, automatiikka- ja ilmastointijärjestelmien korjaus- ja osittaisen uusimistyön viimeiset säätötyöt saatiin vasta vuoden 2007 talvella lopullisesti päätökseen. Vuoden 2007 jälkeen lämpöindeksi lähti laskuun tehtyjen energiakorjausten ja lämmönsäädön valmistuttua. Kuvaajasta lukien edellä mainittujen toimenpiteiden ansiosta voidaan sanoa lämpöindeksin laskeneen parhaimmillaan noin 6 KWh/m³, joka on noin 13 prosentin pudotus lisälämmöneristystä edeltäviin vuosiin.

Vuonna 2010 saatiin putkiremontit kaikissa taloyhtiöissä valmiiksi ja samalla siirryttiin huoneistokohtaisiin vesimittareihin sekä huoneistokohtaiseen laskutukseen. Tämä aiheutti huomattavan laskun vedenkulutuksessa ja toimenpiteen vaikutukset näkyvät myös lämpöindeksin laskussa. Samaisen putkiremontin jälkeen kaikissa kylpyhuoneissa siirryttiin myös sähköpattereihin aiemman vesikiertoisien patterin sijaan. Aiemmin kaukolämmöllä lämmitetty kylpyhuone lämmitetään sähköllä putkiremontin jälkeen, joten sillä on lämpöindeksiin merkittävä vaikutus. Kohteiden tyypillisen kylpyhuoneen ollessa 10 m³ on osuus koko rakennustilavuudesta noin 4,5 prosenttia. Voidaan siis arvioida kaukolämmön tarpeen pudonneen noin viisi prosenttia kylpyhuoneen lämmitysmuodon vaihdon takia. Putkiremontin ja huoneistokohtaisten vesimittareiden kokonaisvaikutus on kuvaajasta lukien noin 6 KWh/m³, joka on noin 15 prosentin pudotus putkiremonttia edeltäviin vuosiin.

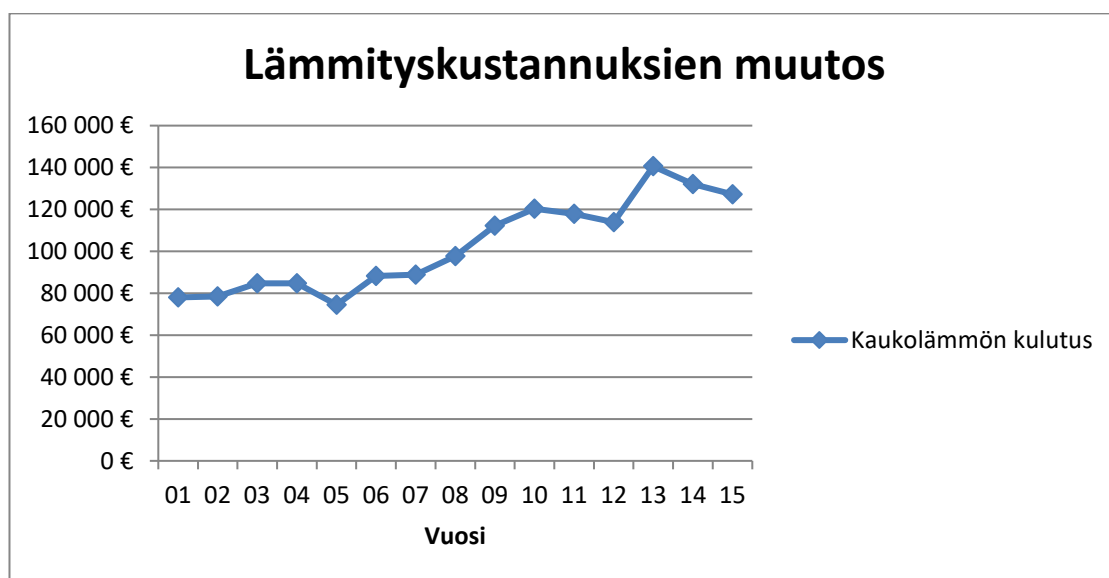
Kaikki parvekeikkunat ja parvekeovet saatiin asennettua joulukuussa 2013. Myös vanhojen ikkunoiden huoltotyöt saatiin päätökseen. Uudet tuloilmaikkunat toimivat talvella kuitenkin lämmöntalteenottolaite, jossa korvausilma lämpenee ikkunalasien välissä ja nousee yläkautta huoneistoon. Ikkunoiden kautta tapahtuu merkittävä osa asuinkerrostalon lämpöhäviöistä, joten tämä toimenpide paransi kaikissa kohteissa lämpöindeksiä huomattavasti. Uusi ilmanvaihdon säätö saatiin 2014 helmikuussa valmiiksi. Tehtyjen korjausten

jälkeen lämpöindeksi on laskenut entisestään. Parvekeikkunoiden ja parvekeovien uusimisen vaikutus on kuvaajasta lukien noin 7 KWh/m³, joka on noin 19 prosentin pudotus remonttia edeltäviin vuosiin.

Etelä-Suomessa 1960-1980-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen lämpöindeksi on yleensä 45-65 kilowattituntia rakennuskuutiometriä kohden vuodessa. Tarkasteltujen kerrostalojen keskimääräinen lämpöindeksi on 28 KWh/m³, joten ne ovat siis päässeet huomattavasti keskiarvoa energiatehokkaammaksi.

4.2 Lämmityskustannukset

Kuvaajasta 2 nähdään, että kaukolämmön hinnan korotukset ovat syönyt energiakorjauksista muodostuneita säästöjä ja lämmityskustannukset ovat nousseet tehdyistä energiansäästötoimista huolimatta. Jokaisen toimenpiteen jälkeen on kuvaajassa nähtävissä kuitenkin pientä kustannuksien laskua seuraavina vuosina. Esimerkiksi vuonna 2004 tehdyn julkisivujen lisäeristyksen jälkeen on nähtävissä pieni kustannuksien lasku seuraavaan vuoteen. Kuvaajan 2 lähtötiedot ovat liitteessä 1.



KUVAAJA 2. Lämmityskustannukset tarkastelluissa taloyhtiöissä

Kuvaajan 2 kaukolämmön kulutuksessa on näkyvissä myös käyttöveden lämmitykseen menevä energia. Veden kulutus on laskenut vuoden 2010 putkiremontin ja asennettujen

vesimittareiden johdosta, sillä vesimittareiden asennuksen ja huoneistokohtaisen laskutuksen myötä vedenkulutus pienenee tyypillisesti noin 15-20 prosenttia henkilöä kohden. Lisäksi asuntojen kylpyhuoneet lämmitettiin saneerausten jälkeen sähköpattereilla, joihin johdetaan sähkö kunkin asunnon omasta sähkömittarista.

Myös vuonna 2013 tehty parvekeovi- ja ikkunaremontti sekä 2014 tehty lämmönsäätö ovat laskeneet lämmityskustannuksia n. 13 000 euroa edelliseen vuoteen nähden.

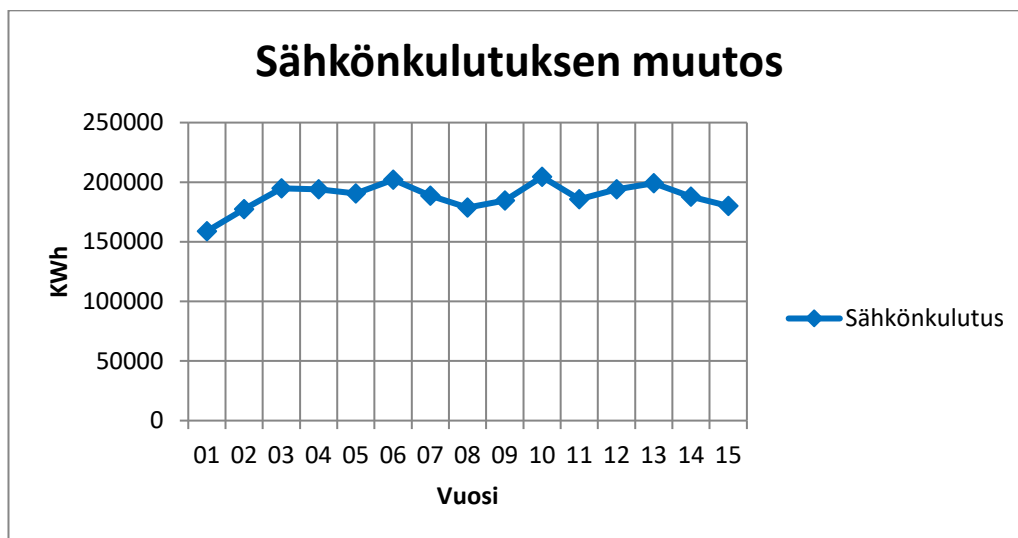


KUVAAJA 3. Kaukolämmön hinta mukaan lukien perusmaksu

Kaukolämpöä käyttävien rakennusten lämmityskulut muodostuvat energiankulutukseen perustuvasta energiamaksusta sekä tilausvesivirran mukaan määräytyvästä kiinteistä perusmaksusta. Taloyhtiön alueella toimiva kaukolämpöyhtiö hinnoittelee kaukolämmön. Asuinkerrostaloissa perusmaksun osuus kaukolämmön hinnasta on yleensä noin 20 prosenttia kaukolämpölaskusta. Kuvaajasta 3 voidaan nähdä, että kaukolämmön hinta perusmaksuineen on noussut noin 5 % vuositaitia. Vaikka kaukolämmön hinta on ollut kovassa nousussa, on lämmityksen kustannuksien nousua saatu hillittyä tehdyillä energia-korjauksilla. Kuvaajan 4 lähtötiedot ovat liitteessä 1. Kaukolämmön hintatiedot on saatu kiinteistöjen toimintakertomuksista.

4.3 Sähkönkulutus

Sähkön kustannus- ja kulutustiedot on saatu kiinteistöjen toimintakertomuksista ja ne ovat esitetty liitteessä 1.



KUVAAJA 4. Sähkönkulutus taloyhtiöissä

Joidenkin tutkimuksien mukaan sähkönkulutus lisääntyy, kun lämmönkulutus laskee. Kuvaajasta 4 nähdään, että sähkönkulutus ei ole vaihdellut merkittävästi vaan on pikimmiten kääntynyt laskuun. Vuonna 2010 lisätyt kylpyhuoneen sähköpatterit eivät ole lisänneet sähkönkulutusta merkittävästi. Vuoden 2015 sähkönkulutus on hieman alemalla tasolla kuin vuoden 2003 sähkönkulutus.

4.4 Toimenpiteiden kannattavuus

Energiakorjauksien kannattavuutta on arvioitu takaisinmaksuaikamenetelmällä ja sisäisellä korolla. Julkisivujen lisälämmöneristyksen ja LVI-huoltotöiden vaikutuksesta lämmönkulutus laski noin 7 %, mikä tarkoittaa esimerkiksi vuoden 2003 lämmityskustannuksista noin 5600 euron säästöjä. Lisälämmöneristyksen ja LVI-huoltotöiden hinta on noin 120 000 euroa. Takaisinmaksuaikamenetelmällä laskemalla edellä mainittujen energiakorjauksien takaisinmaksuajaksi saadaan noin 17 vuotta. Kannattavuutta tarkasteltiin myös laskemalla sisäinen korko. Lisälämmöneristyksen 50 vuoden arvioidulla teknisellä käyttöiällä laskettuna sisäiseksi korkokannaksi saatiin 6 %. Lisälämmön eristys on siis

laskennallisesti erittäin kannattava energiansäästötoimenpide julkisivuremontin yhteydessä tehtynä.

Putkiremontissa uusitut säästävämmät käyttövesikalusteet maksoivat noin 400 000 euroa. Putkiremontissa uusittujen käyttövesiputkien ja säästävempien käyttövesikalusteiden johdosta kaukolämmönkulutus laski noin 15 %. Tästä määrästä kuitenkin noin viisi prosenttiyksikköä vaihtoi lämmitysmuotoa sähköksi kylpyhuoneiden lämmitysmuodon vaihdon jälkeen, joten arvioidaan kokonaislämmönkulutuksen laskeneen 10 %. Kymmenen prosenttia tarkoittaa vuoden 2009 lämmityskustannuksista noin 11 000 euron säästöjä. Takaisinmaksuaikamenetelmällä käyttövesikalusteiden takaisinmaksuajaksi saadaan noin 27 vuotta. Kannattavuutta tarkasteltiin myös laskemalla sisäinen korko. Käyttövesikalusteiden 30 vuoden arvioidulla teknisellä käyttöiällä laskettuna sisäiseksi korkokannaksi saatiin 1 %. Sisäisen korkokannan on oltava suurempi kuin vaadittu korkokanta, joten käyttövesikalusteiden uusiminen säästävimmiksi ei siis ollut laskennallisesti kannattava toimenpide putkiremontin yhteydessä.

Ikkuna ja parvekeoviremontissa uusitut ikkunat ja parvekeovet maksoivat noin 600 000 euroa. Uusien ikkunoiden ja parvekeovien johdosta lämmönkulutus laski noin 12 %, mikä tarkoittaa vuoden 2014 lämmityskustannuksista noin 14 200 euron säästöjä. Takaisinmaksuaikamenetelmällä ikkunoiden ja parvekeovien takaisinmaksuajaksi saadaan noin 30 vuotta. Kannattavuutta tarkasteltiin myös laskemalla sisäinen korko. Parvekeikkunoiden ja parvekeovien 50 vuoden arvioidulla teknisellä käyttöiällä laskettuna sisäiseksi korkokannaksi saatiin 3 %. Parvekeikkunoiden ja parvekeovien uusiminen paremmin eristäviksi on siis laskennallisesti kannattava toimenpide

4.5 Herkkyystarkastelut

Herkkyystarkastelut suoritettiin julkisivujen lisälämmöneristykselle, käyttövesikalusteiden uusimiselle sekä parvekeikkunoiden ja parvekeovien uusimiselle. Niissä tarkasteltiin koron ja energian hinnan muutosten vaikutusta toimenpiteiden kannattavuuteen.

Korjauksien herkkyystarkastelulaskelmat löytyvät liitteistä 5 ja 6. Jos korko nostettiin arvoon 5 %, olivat vaikutukset toimenpiteiden kannattavuuteen kohtalaiset. Takaisinmaksuajat nousivat useammalla vuodella kaikissa hankkeissa. Putkiremonttihankeeseen sekä

ikkuna- ja parvekeoviremontin sisäiset korkokannat eivät olleet enää vaadittua korkokantaa suurempia, joten ne eivät enää olleet kannattavia. Julkisivujen lisälämmöneristäminen oli kuitenkin yhä kannattava. Myös kaukolämmön hinnan korotuksien vaikutusta toimenpiteiden kannattavuuteen tarkasteltiin. Tulokset olivat samankaltaiset kuin koron nostamisella. Putkiremonttihanke sekä ikkunoiden ja parvekeovien uusiminen eivät olleet enää kannattavia, sillä sisäiset korot eivät olleet riittävän suuret. Tästä voidaan päätellä, että putkiremonttihanke sekä ikkuna- ja parvekeoviremontti ovat herkkiä koron tai kaukolämmön hinnan muutoksille.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Jotta energiakorjauksilla saadaan lämmönkulutusta pienennettyä, on lämmitysjärjestelmä säädettävä kuntoon. Kohteiden lämmönkulutuksissa ei ole tapahtunut merkittävää muutosta heti julkisivujen lisälämmöneristyksen jälkeen, koska lämmitystä ei säädetty heti korjauksien yhteydessä vaan se jätettiin tehtäväksi LVI-remontin jälkeen. Lämmityksien säätöjen jälkeen on taloyhtiöissä kuitenkin päästy merkittäviin säästöihin. Lämpöindeksi on laskenut huonoimpaan vuoteen verrattuna jopa yli 50 % tehtyjen energiakorjauksien johdosta. Ilman tehtyjä energiakorjauksia olisivat taloyhtiöiden lämmityskustannukset huomattavasti suuremmat.

Lämmönkulutuksien kustannuksia ovat kuitenkin nostaneet voimakkaasti kaukolämmön hinnan nousut. Vaikka lämmönkulutus on laskenut tehtyjen energiakorjauksien johdosta, eivät lämmityskustannukset ole laskeneet samassa tasossa. Lämmityskustannuksien nousua on saatu silti hyvin jarrutettua tehtyjen energiakorjauksien avulla. Kaukolämmönhinta on noussut vuosittain noin 5 prosentin tahtia, mutta kustannuksia on saatu joinakin vuosina jopa laskettua.

Energiatehokkuusluokat ovat As Oy Lukkaripellolla ja As Oy Urheilukentänkatu 3-5:llä E sekä As Oy Papinpyölillä F. Parhaissa tapauksissa 1970-luvun kerrostalot pääsevät jopa luokkaan C. Energiatehokkuudessa on siis vielä parantamisen varaa jatkossakin. Toki energiatehokkuusluokkaan vaikuttaa myös rakennuksen käyttämä lämmityksen energiamuoto. Parhain energiatehokkuusluokka on mahdollista saavuttaa ympäristöystävällisemmillä energiamuodoilla kuten maalämmöllä. Asuinosakeyhtiöiden energiatodistukset löytyvät liitteistä 9, 10 ja 11.

Tulevaisuudessa taloyhtiöillä on vielä varaa parantaa energiatehokkuutta esimerkiksi siirtymällä koneelliseen poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenotolla. Koneellinen poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla voi pudottaa energiankulutusta jopa kolmanneksella. Myös yläpohjan lisälämmöneristyksellä esimerkiksi seuraavan vesikattosaneerauksen yhteydessä saavutettaisiin parempi energiatehokkuus. Energiamuodon muuttamista harkittaessa ympäristöystävällisempi vaihtoehto kaukolämmölle voisi olla maalämpö.

Julkisivujen lisälämmöneristys sekä ikkuna- ja parvekeoviremontti ovat osoittautuneet kannattaviksi toimenpiteiksi muiden korjausten yhteydessä tehtynä. Putkiremontin yhteydessä uusitut käyttövesikalusteet eivät ole ehkä laskennallisesti kannattavia, mutta kannattavuudessa voidaan tarkastella myös muitakin kriteerejä kuin takaisinmaksuaikoja.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville tehtyjen energiakorjausten vaikutukset energiatalouteen. Jokaisesta asunto-osakeyhtiöstä saatiin näkyvät tulokset, joita voidaan verrata keskenään. Kaikkien energiakorjauksien tuomia säästöjä ei ollut kuitenkaan mahdollista yksilöidä.

Eri energiakorjausten tuomia säästöjä on vaikea yksilöidä, sillä kiinteistön energiatalous on monen tekijän summa. Tarkastelemissani asuinkerrostaloissa energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä oli tehty useampia vuosien aikana, joten vuositasolla tarkasteltuna oli niistä näkyvillä vain yhteisvaikutukset. Lopputulos on siitä huolimatta kuitenkin selvä, sillä energiatehokkuus on parantunut merkittävästi tehtyjen korjausten myötä.

Opinnäytetyön tavoite saatiin saavutettua ja kerrostaloille tehtyjen energiakorjauksien tuloksista saatiin uutta tietoa. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa myös muiden vastaavien talojen energiakorjauksien vaikutuksien arviointiin.

LÄHTEET

Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuslaskelmat. LVI 02-10018.

Investointilaskentamenetelmät. KH X0-00355.

Jokinen, P. 2016. Ilmastopalvelu Ilmatieteen laitos. Sähköpostiviesti. Luettu 3.10.2016.

Julkisivuyhdistys R.Y. 1997 Julkisivujen korjausopas.

Korkeavahan huolto. Tasekirjat 2001-2015.

Kulutuksen normitus. Motiva. Luettu 8.11.2016. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus

Lämmitystarveluvut. Ilmatieteen laitos. Luettu 3.10.2016.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Mikä on energiatodistus. Motiva. Luettu 8.11.2016
<http://energiatodistus.motiva.fi/mika-on-energiatodistus>

Miten lasken lämpöpumpun takaisinmaksuajan. Etelä-Suomen Prosessisysteemi Oy. Luettu 27.3.2017.
<http://www.prssystem.fi/miten-lasken-lampopumpun-takaisinmaksuajan>

Rakentamisvuosikymmen määrittää talon tyyppiviati. Kotitalolehti. Luettu 31.3.2017.
<https://www.kotitalolehti.fi/2016/01/rakennusten-tyyppiviati-1920-1980>

Virta, J & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Sähköinen versio. Luettu 8.11.2016.
<http://www.taloyhtio.net/ajassa/energiakirja>

LIITTEET

Liite 1. Kaukolämmön ja käyttöveden kulutustiedot

Kaukolämmön kulutus sekä hintatiedot on saatu taloyhtiöiden toimintakertomuksista.

As Oy Lukkarinpelto		Rakennusvuosi 1973-1974																									
Tilavuus 23204 m3																											
Vuosi		97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15							
Kaukolämmön kulutus MWh		1100	1080	1046	1046	1009	1058	1096	1094	1016	951	968	971	904	939	941	764	839	714	647	569						
Normeerattu MWh		1087	1060	1057	1124	1066	1089	1102	1029	998	1016	1040	1023	954	846	840	833	769	689	662							
Lämpöindeksi kWh/rak-m		47	46	46	48	46	47	47	47	44	43	44	45	44	41	36	36	36	33	30	29						
Käyttövesi m3		8941	8857	8259	8586	8890	9099	8308	8641	8984	8656	7873	7800	6528	5048	5102	5173	4815	4973	4361							
Kustannukset €		33043	34561	33448	32468	33770	34390	34721	32960	33256	38056	40273	43315	50798	52481	48711	57412	61347	56936	53560							
As Oy Papinpyöli		Rakennusvuosi 1972																									
Tilavuus 11490 m3																											
Vuosi		97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15							
Kaukolämmön kulutus MWh		534	487	499	453	534	553	509	493	406	405	444	416	423	376	302	351	301	251	202							
Normeerattu MWh		528	478	504	505	538	550	512	500	426	425	475	472	430	340	331	349	324	266	232							
Lämpöindeksi kWh/rak-m		46	42	44	44	44	47	48	45	43	37	37	41	41	37	30	29	30	28	23	20						
Käyttövesi		3818	3733	3828	3753	3821	4001	3870	3952	3740	3639	3544	3404	3327	2816	2404	2230	2295	2530	2209							
Kustannukset €		16035	15801	15975	14815	16947	17371	16308	15748	15582	15544	18275	18475	22195	20349	18413	23338	25862	22088	19014							
As Oy Urheilukentäkatu 3-5		Rakennusvuosi 1971-1972																									
Tilavuus 20653 m3																											
Vuosi		97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15							
Kaukolämmön kulutus MWh		976	934	932	913	913	965	924	935	898	855	881	881	818	840	791	618	687	628	546	563						
Normeerattu MWh		965	917	942	1017	1017	972	918	941	910	899	926	943	926	853	713	679	683	677	581	656						
Lämpöindeksi kWh/rak-m		47	44	44	46	49	47	44	46	44	44	45	46	45	41	35	33	33	33	28	32						
Käyttövesi		7635	7137	7530	7778	7513	7263	7046	7285	7152	7139	7779	7115	6476	4891	4113	4376	4408	4412	4150							
Kustannukset €		29307	29889	29803	29859	30591	29707	29359	28269	32815	33813	36297	36327	44054	42814	37649	45679	53958	48048	52995							
Kaukolämmön hinta perusmaksuineen																											
Vuosi		97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15							
€/MWh		30,0	32,0	32,0	32,0	32,7	31,7	32,2	31,4	31,5	38,4	38,4	41,2	44,4	52,5	54,1	61,0	66,5	85,9	88,0	94,1						

Lisäeristäminen ja LVI-huoltotyöt					Putkiremontti				
Investointi	Vuosi	Korko 3 %	Säästö -120 000 €	Yhteensä	Investointi	Vuosi	Korko 3 %	Säästö -400 000 €	Yhteensä
120 000 €	0	1	5 600 €	5 600 €	400 000 €	0	1	11 000 €	11 000 €
	1	0,97087379	5 709 €	11 309 €		1	0,9708738	11 214 €	22 214 €
	2	0,94259591	5 820 €	17 128 €		2	0,9425959	11 431 €	33 645 €
	3	0,91514166	5 933 €	23 061 €		3	0,9151417	11 653 €	45 298 €
	4	0,88848705	6 048 €	29 109 €		4	0,888487	11 880 €	57 178 €
	5	0,86260878	6 165 €	35 274 €		5	0,8626088	12 110 €	69 288 €
	6	0,83748426	6 285 €	41 559 €		6	0,8374843	12 345 €	81 633 €
	7	0,81309151	6 407 €	47 966 €		7	0,8130915	12 585 €	94 219 €
	8	0,78940923	6 531 €	54 497 €		8	0,7894092	12 829 €	107 048 €
	9	0,76641673	6 658 €	61 155 €		9	0,7664167	13 079 €	120 127 €
	10	0,74409391	6 787 €	67 943 €		10	0,7440939	13 333 €	133 459 €
	11	0,72242128	6 919 €	74 862 €		11	0,7224213	13 591 €	147 051 €
	12	0,70137988	7 054 €	81 916 €		12	0,7013799	13 855 €	160 906 €
	13	0,68095134	7 191 €	89 106 €		13	0,6809513	14 124 €	175 030 €
	14	0,66111781	7 330 €	96 437 €		14	0,6611178	14 399 €	189 429 €
	15	0,64186195	7 473 €	103 909 €		15	0,6418619	14 678 €	204 107 €
	16	0,62316694	7 618 €	111 527 €		16	0,6231669	14 963 €	219 071 €
	17	0,60501645	7 766 €	119 292 €		17	0,6050164	15 254 €	234 324 €
	18	0,58739461	7 916 €	127 209 €		18	0,5873946	15 550 €	249 874 €
	19	0,57028603	8 070 €	135 279 €		19	0,570286	15 852 €	265 726 €
	20	0,55367575	8 227 €	143 506 €		20	0,5536758	16 160 €	281 886 €
	21	0,53754928	8 387 €	151 892 €		21	0,5375493	16 474 €	298 359 €
	22	0,5218925	8 549 €	160 441 €		22	0,5218925	16 793 €	315 153 €
	23	0,50669175	8 715 €	169 157 €		23	0,5066917	17 119 €	332 272 €
	24	0,49193374	8 885 €	178 041 €		24	0,4919337	17 452 €	349 724 €
	25	0,47760557	9 057 €	187 099 €		25	0,4776056	17 791 €	367 515 €
	26	0,46369473	9 233 €	196 332 €		26	0,4636947	18 136 €	385 651 €
	27	0,45018906	9 412 €	205 744 €		27	0,4501891	18 488 €	404 140 €
	28	0,43707675	9 595 €	215 339 €		28	0,4370768	18 847 €	422 987 €
	29	0,42434636	9 781 €	225 120 €		29	0,4243464	19 213 €	442 200 €
	30	0,41198676	9 971 €	235 091 €		30	0,4119868	19 586 €	461 787 €
	31	0,39998715	10 165 €	245 256 €					
	32	0,38833703	10 362 €	255 619 €			Sisäinen korko		1 %
	33	0,37702625	10 563 €	266 182 €					
	34	0,3660449	10 769 €	276 951 €					
	35	0,3553834	10 978 €	287 928 €					
	36	0,34503243	11 191 €	299 119 €					
	37	0,33498294	11 408 €	310 527 €					
	38	0,32522615	11 630 €	322 157 €					
	39	0,31575355	11 855 €	334 012 €					
	40	0,30655684	12 086 €	346 098 €					
	41	0,297628	12 320 €	358 418 €					
	42	0,28895922	12 560 €	370 978 €					
	43	0,28054294	12 803 €	383 781 €					
	44	0,27237178	13 052 €	396 834 €					
	45	0,26443862	13 306 €	410 139 €					
	46	0,25673653	13 564 €	423 703 €					
	47	0,24925876	13 827 €	437 530 €					
	48	0,2419988	14 096 €	451 626 €					
	49	0,23495029	14 369 €	465 995 €					
	50	0,22810708	14 648 €	480 644 €					
		Sisäinen korko		6 %					

Liite 4. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmat

Korko 3 %. Kaukolämmön hinnan 5 % korotus vuosittain.

Ikkuna- ja parvekeoviremontti			Säästö	
Investointi	Vuosi	Korko 3 %	-600 000 €	Yhteensä
600 000 €	0	1	14 200 €	14 200 €
	1	0,97087379	14 476 €	28 676 €
	2	0,94259591	14 757 €	43 433 €
	3	0,91514166	15 043 €	58 476 €
	4	0,88848705	15 335 €	73 811 €
	5	0,86260878	15 633 €	89 445 €
	6	0,83748426	15 937 €	105 381 €
	7	0,81309151	16 246 €	121 628 €
	8	0,78940923	16 562 €	138 189 €
	9	0,76641673	16 883 €	155 073 €
	10	0,74409391	17 211 €	172 284 €
	11	0,72242128	17 545 €	189 829 €
	12	0,70137988	17 886 €	207 715 €
	13	0,68095134	18 233 €	225 948 €
	14	0,66111781	18 587 €	244 536 €
	15	0,64186195	18 948 €	263 484 €
	16	0,62316694	19 316 €	282 800 €
	17	0,60501645	19 691 €	302 491 €
	18	0,58739461	20 074 €	322 565 €
	19	0,57028603	20 463 €	343 028 €
	20	0,55367575	20 861 €	363 889 €
	21	0,53754928	21 266 €	385 155 €
	22	0,5218925	21 679 €	406 834 €
	23	0,50669175	22 100 €	428 933 €
	24	0,49193374	22 529 €	451 462 €
	25	0,47760557	22 966 €	474 428 €
	26	0,46369473	23 412 €	497 841 €
	27	0,45018906	23 867 €	521 707 €
	28	0,43707675	24 330 €	546 038 €
	29	0,42434636	24 803 €	570 840 €
	30	0,41198676	25 284 €	596 125 €
	31	0,39998715	25 775 €	621 900 €
	32	0,38833703	26 276 €	648 176 €
	33	0,37702625	26 786 €	674 962 €
	34	0,3660449	27 306 €	702 268 €
	35	0,3553834	27 836 €	730 104 €
	36	0,34503243	28 377 €	758 481 €
	37	0,33498294	28 928 €	787 408 €
	38	0,32522615	29 489 €	816 898 €
	39	0,31575355	30 062 €	846 960 €
	40	0,30655684	30 646 €	877 606 €
	41	0,297628	31 241 €	908 847 €
	42	0,28895922	31 848 €	940 694 €
	43	0,28054294	32 466 €	973 160 €
	44	0,27237178	33 096 €	1 006 256 €
	45	0,26443862	33 739 €	1 039 995 €
	46	0,25673653	34 394 €	1 074 389 €
	47	0,24925876	35 062 €	1 109 451 €
	48	0,2419988	35 743 €	1 145 194 €
	49	0,23495029	36 437 €	1 181 631 €
	50	0,22810708	37 144 €	1 218 775 €
		Sisäinen korko		3 %

Liite 5. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyystarkastelu.

Korko 5 %. Kaukolämmön hinnan 5 % korotus vuosittain.

Lisäeristäminen ja LVI-huoltotyöt					Putkiremontti				
Investointi	Vuosi	Korko 5 %	-120 000 €	Yhteensä	Investointi	Vuosi	Korko 5 %	-400 000 €	Yhteensä
120 000 €	0	1	5 600 €	5 600 €	400 000 €	0	1	11 000 €	11 000 €
	1	0,95238095	5 600 €	11 200 €		1	0,952381	11 000 €	22 000 €
	2	0,90702948	5 600 €	16 800 €		2	0,9070295	11 000 €	33 000 €
	3	0,8638376	5 600 €	22 400 €		3	0,8638376	11 000 €	44 000 €
	4	0,82270247	5 600 €	28 000 €		4	0,8227025	11 000 €	55 000 €
	5	0,78352617	5 600 €	33 600 €		5	0,7835262	11 000 €	66 000 €
	6	0,7462154	5 600 €	39 200 €		6	0,7462154	11 000 €	77 000 €
	7	0,71068133	5 600 €	44 800 €		7	0,7106813	11 000 €	88 000 €
	8	0,67683936	5 600 €	50 400 €		8	0,6768394	11 000 €	99 000 €
	9	0,64460892	5 600 €	56 000 €		9	0,6446089	11 000 €	110 000 €
	10	0,61391325	5 600 €	61 600 €		10	0,6139133	11 000 €	121 000 €
	11	0,58467929	5 600 €	67 200 €		11	0,5846793	11 000 €	132 000 €
	12	0,55683742	5 600 €	72 800 €		12	0,5568374	11 000 €	143 000 €
	13	0,53032135	5 600 €	78 400 €		13	0,5303214	11 000 €	154 000 €
	14	0,50506795	5 600 €	84 000 €		14	0,505068	11 000 €	165 000 €
	15	0,4810171	5 600 €	89 600 €		15	0,4810171	11 000 €	176 000 €
	16	0,45811152	5 600 €	95 200 €		16	0,4581115	11 000 €	187 000 €
	17	0,43629669	5 600 €	100 800 €		17	0,4362967	11 000 €	198 000 €
	18	0,41552065	5 600 €	106 400 €		18	0,4155207	11 000 €	209 000 €
	19	0,39573396	5 600 €	112 000 €		19	0,395734	11 000 €	220 000 €
	20	0,37688948	5 600 €	117 600 €		20	0,3768895	11 000 €	231 000 €
	21	0,35894236	5 600 €	123 200 €		21	0,3589424	11 000 €	242 000 €
	22	0,34184987	5 600 €	128 800 €		22	0,3418499	11 000 €	253 000 €
	23	0,32557131	5 600 €	134 400 €		23	0,3255713	11 000 €	264 000 €
	24	0,31006791	5 600 €	140 000 €		24	0,3100679	11 000 €	275 000 €
	25	0,29530277	5 600 €	145 600 €		25	0,2953028	11 000 €	286 000 €
	26	0,28124073	5 600 €	151 200 €		26	0,2812407	11 000 €	297 000 €
	27	0,26784832	5 600 €	156 800 €		27	0,2678483	11 000 €	308 000 €
	28	0,25509364	5 600 €	162 400 €		28	0,2550936	11 000 €	319 000 €
	29	0,24294632	5 600 €	168 000 €		29	0,2429463	11 000 €	330 000 €
	30	0,23137745	5 600 €	173 600 €		30	0,2313774	11 000 €	341 000 €
	31	0,22035947	5 600 €	179 200 €					
	32	0,20986617	5 600 €	184 800 €			Sisäinen korko		-1 %
	33	0,19987254	5 600 €	190 400 €					
	34	0,1903548	5 600 €	196 000 €					
	35	0,18129029	5 600 €	201 600 €					
	36	0,17265741	5 600 €	207 200 €					
	37	0,16443563	5 600 €	212 800 €					
	38	0,15660536	5 600 €	218 400 €					
	39	0,14914797	5 600 €	224 000 €					
	40	0,14204568	5 600 €	229 600 €					
	41	0,1352816	5 600 €	235 200 €					
	42	0,12883962	5 600 €	240 800 €					
	43	0,1227044	5 600 €	246 400 €					
	44	0,11686133	5 600 €	252 000 €					
	45	0,11129651	5 600 €	257 600 €					
	46	0,10599668	5 600 €	263 200 €					
	47	0,10094921	5 600 €	268 800 €					
	48	0,09614211	5 600 €	274 400 €					
	49	0,09156391	5 600 €	280 000 €					
	50	0,08720373	5 600 €	285 600 €					
		Sisäinen korko		4 %					

Liite 6. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyystarkastelu.

Korko 5 %. Kaukolämmön hinnan 5 % korotus vuosittain.

Ikkuna- ja parvekeoviremontti			Säästö	
Investointi	Vuosi	Korko 5 %	-600 000 €	Yhteensä
600 000 €	0	1	14 200 €	14 200 €
	1	0,95238095	14 200 €	28 400 €
	2	0,90702948	14 200 €	42 600 €
	3	0,8638376	14 200 €	56 800 €
	4	0,82270247	14 200 €	71 000 €
	5	0,78352617	14 200 €	85 200 €
	6	0,7462154	14 200 €	99 400 €
	7	0,71068133	14 200 €	113 600 €
	8	0,67683936	14 200 €	127 800 €
	9	0,64460892	14 200 €	142 000 €
	10	0,61391325	14 200 €	156 200 €
	11	0,58467929	14 200 €	170 400 €
	12	0,55683742	14 200 €	184 600 €
	13	0,53032135	14 200 €	198 800 €
	14	0,50506795	14 200 €	213 000 €
	15	0,4810171	14 200 €	227 200 €
	16	0,45811152	14 200 €	241 400 €
	17	0,43629669	14 200 €	255 600 €
	18	0,41552065	14 200 €	269 800 €
	19	0,39573396	14 200 €	284 000 €
	20	0,37688948	14 200 €	298 200 €
	21	0,35894236	14 200 €	312 400 €
	22	0,34184987	14 200 €	326 600 €
	23	0,32557131	14 200 €	340 800 €
	24	0,31006791	14 200 €	355 000 €
	25	0,29530277	14 200 €	369 200 €
	26	0,28124073	14 200 €	383 400 €
	27	0,26784832	14 200 €	397 600 €
	28	0,25509364	14 200 €	411 800 €
	29	0,24294632	14 200 €	426 000 €
	30	0,23137745	14 200 €	440 200 €
	31	0,22035947	14 200 €	454 400 €
	32	0,20986617	14 200 €	468 600 €
	33	0,19987254	14 200 €	482 800 €
	34	0,1903548	14 200 €	497 000 €
	35	0,18129029	14 200 €	511 200 €
	36	0,17265741	14 200 €	525 400 €
	37	0,16443563	14 200 €	539 600 €
	38	0,15660536	14 200 €	553 800 €
	39	0,14914797	14 200 €	568 000 €
	40	0,14204568	14 200 €	582 200 €
	41	0,1352816	14 200 €	596 400 €
	42	0,12883962	14 200 €	610 600 €
	43	0,1227044	14 200 €	624 800 €
	44	0,11686133	14 200 €	639 000 €
	45	0,11129651	14 200 €	653 200 €
	46	0,10599668	14 200 €	667 400 €
	47	0,10094921	14 200 €	681 600 €
	48	0,09614211	14 200 €	695 800 €
	49	0,09156391	14 200 €	710 000 €
	50	0,08720373	14 200 €	724 200 €
		Sisäinen korko		1 %

Liite 7. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyystarkastelu

Korko 3 %. Kaukolämmön hinnan korotus vuosittain 2 %.

Lisäeristäminen ja LVI-huoltotyöt					Putkiremontti				
Investointi	Vuosi	Korko 3 %	-120 000 €	Yhteensä	Investointi	Vuosi	Korko 3 %	-400 000 €	Yhteensä
120 000 €	0	1	5 600 €	5 600 €	400 000 €	0	1	11 000 €	11 000 €
	1	0,97087379	5 546 €	11 146 €		1	0,9708738	10 893 €	21 893 €
	2	0,94259591	5 492 €	16 637 €		2	0,9425959	10 787 €	32 681 €
	3	0,91514166	5 438 €	22 076 €		3	0,9151417	10 683 €	43 363 €
	4	0,88848705	5 386 €	27 462 €		4	0,888487	10 579 €	53 942 €
	5	0,86260878	5 333 €	32 795 €		5	0,8626088	10 476 €	64 419 €
	6	0,83748426	5 282 €	38 077 €		6	0,8374843	10 375 €	74 793 €
	7	0,81309151	5 230 €	43 307 €		7	0,8130915	10 274 €	85 067 €
	8	0,78940923	5 180 €	48 486 €		8	0,7894092	10 174 €	95 241 €
	9	0,76641673	5 129 €	53 616 €		9	0,7664167	10 075 €	105 317 €
	10	0,74409391	5 079 €	58 695 €		10	0,7440939	9 978 €	115 294 €
	11	0,72242128	5 030 €	63 725 €		11	0,7224213	9 881 €	125 175 €
	12	0,70137988	4 981 €	68 707 €		12	0,7013799	9 785 €	134 959 €
	13	0,68095134	4 933 €	73 640 €		13	0,6809513	9 690 €	144 649 €
	14	0,66111781	4 885 €	78 525 €		14	0,6611178	9 596 €	154 245 €
	15	0,64186195	4 838 €	83 362 €		15	0,6418619	9 502 €	163 747 €
	16	0,62316694	4 791 €	88 153 €		16	0,6231669	9 410 €	173 157 €
	17	0,60501645	4 744 €	92 897 €		17	0,6050164	9 319 €	182 476 €
	18	0,58739461	4 698 €	97 595 €		18	0,5873946	9 228 €	191 705 €
	19	0,57028603	4 652 €	102 248 €		19	0,570286	9 139 €	200 843 €
	20	0,55367575	4 607 €	106 855 €		20	0,5536758	9 050 €	209 894 €
	21	0,53754928	4 563 €	111 417 €		21	0,5375493	8 962 €	218 856 €
	22	0,5218925	4 518 €	115 936 €		22	0,5218925	8 875 €	227 731 €
	23	0,50669175	4 474 €	120 410 €		23	0,5066917	8 789 €	236 520 €
	24	0,49193374	4 431 €	124 841 €		24	0,4919337	8 704 €	245 224 €
	25	0,47760557	4 388 €	129 229 €		25	0,4776056	8 619 €	253 843 €
	26	0,46369473	4 345 €	133 574 €		26	0,4636947	8 536 €	262 378 €
	27	0,45018906	4 303 €	137 878 €		27	0,4501891	8 453 €	270 831 €
	28	0,43707675	4 261 €	142 139 €		28	0,4370768	8 371 €	279 202 €
	29	0,42434636	4 220 €	146 359 €		29	0,4243464	8 289 €	287 491 €
	30	0,41198676	4 179 €	150 538 €		30	0,4119868	8 209 €	295 700 €
	31	0,39998715	4 138 €	154 676 €					
	32	0,38833703	4 098 €	158 775 €			Sisäinen korko		-2 %
	33	0,37702625	4 058 €	162 833 €					
	34	0,3660449	4 019 €	166 852 €					
	35	0,3553834	3 980 €	170 832 €					
	36	0,34503243	3 941 €	174 774 €					
	37	0,33498294	3 903 €	178 677 €					
	38	0,32522615	3 865 €	182 542 €					
	39	0,31575355	3 828 €	186 370 €					
	40	0,30655684	3 791 €	190 161 €					
	41	0,297628	3 754 €	193 914 €					
	42	0,28895922	3 717 €	197 632 €					
	43	0,28054294	3 681 €	201 313 €					
	44	0,27237178	3 646 €	204 958 €					
	45	0,26443862	3 610 €	208 569 €					
	46	0,25673653	3 575 €	212 144 €					
	47	0,24925876	3 540 €	215 684 €					
	48	0,2419988	3 506 €	219 190 €					
	49	0,23495029	3 472 €	222 662 €					
	50	0,22810708	3 438 €	226 100 €					
		Sisäinen korko		3 %					

Liite 8. Toimenpiteiden kannattavuuslaskelmien herkkyystarkastelu

Korko 3 %. Kaukolämmön hinnan korotus vuosittain 2 %.

Ikkuna- ja parvekeoviremontti		Säästö		
Investointi	Vuosi	Korko 3 %	-600 000 €	Yhteensä
600 000 €	0	1	14 200 €	14 200 €
	1	0,97087379	14 062 €	28 262 €
	2	0,94259591	13 926 €	42 188 €
	3	0,91514166	13 790 €	55 978 €
	4	0,88848705	13 657 €	69 635 €
	5	0,86260878	13 524 €	83 159 €
	6	0,83748426	13 393 €	96 551 €
	7	0,81309151	13 263 €	109 814 €
	8	0,78940923	13 134 €	122 948 €
	9	0,76641673	13 006 €	135 954 €
	10	0,74409391	12 880 €	148 834 €
	11	0,72242128	12 755 €	161 589 €
	12	0,70137988	12 631 €	174 220 €
	13	0,68095134	12 509 €	186 729 €
	14	0,66111781	12 387 €	199 116 €
	15	0,64186195	12 267 €	211 383 €
	16	0,62316694	12 148 €	223 530 €
	17	0,60501645	12 030 €	235 560 €
	18	0,58739461	11 913 €	247 473 €
	19	0,57028603	11 797 €	259 271 €
	20	0,55367575	11 683 €	270 953 €
	21	0,53754928	11 569 €	282 523 €
	22	0,5218925	11 457 €	293 980 €
	23	0,50669175	11 346 €	305 326 €
	24	0,49193374	11 236 €	316 561 €
	25	0,47760557	11 127 €	327 688 €
	26	0,46369473	11 019 €	338 707 €
	27	0,45018906	10 912 €	349 618 €
	28	0,43707675	10 806 €	360 424 €
	29	0,42434636	10 701 €	371 125 €
	30	0,41198676	10 597 €	381 721 €
	31	0,39998715	10 494 €	392 215 €
	32	0,38833703	10 392 €	402 607 €
	33	0,37702625	10 291 €	412 899 €
	34	0,3660449	10 191 €	423 090 €
	35	0,3553834	10 092 €	433 182 €
	36	0,34503243	9 994 €	443 177 €
	37	0,33498294	9 897 €	453 074 €
	38	0,32522615	9 801 €	462 875 €
	39	0,31575355	9 706 €	472 581 €
	40	0,30655684	9 612 €	482 193 €
	41	0,297628	9 519 €	491 712 €
	42	0,28895922	9 426 €	501 138 €
	43	0,28054294	9 335 €	510 472 €
	44	0,27237178	9 244 €	519 716 €
	45	0,26443862	9 154 €	528 870 €
	46	0,25673653	9 065 €	537 936 €
	47	0,24925876	8 977 €	546 913 €
	48	0,2419988	8 890 €	555 803 €
	49	0,23495029	8 804 €	564 607 €
	50	0,22810708	8 718 €	573 325 €
		Sisäinen korko		0 %

Liite 9. As Oy Lukkarinpellon energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	As Oy Lukkarinpelto (Talo 2) Pispalankatu 3-5 30100 Forssa																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1974																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Muut asuinkerrostalot																
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatehokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatehokkuusluokka	A		B		C		D		E	E	F		G	
	Energiatehokkuusluokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E	E																
F																	
G																	
Uudisrakennusten määritystaso 2012																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)																	
190 kWh _E /m ² vuosi																	
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Jarkko Halonen	Foracon oy Piilolantie 19 31300																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
11.12.2014	10.12.2024																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

Liite 10. As Oy Urheilukentäkatu 3-5:n energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	As Oy Urheilukentäkatu 3-5 (Talo 1) Urheilukentäkatu 3-5 30100 Forssa																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1971																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Muut asuinkerrostalot																
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatodistuksen luokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatodistuksen luokka	A		B		C		D		E		F		G	
	Energiatodistuksen luokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E																	
F																	
G																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)</th> <th>188</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>kWh/m²/vuosi</td> </tr> </tbody> </table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	188		kWh/m ² /vuosi												
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	188																
	kWh/m ² /vuosi																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Jarkko Halonen	Foracon oy Piilolantie 19																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
30.11.2014	30.11.2024																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

Liite 11. As Oy Papinpyölin energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	As Oy Papinpyöli Pispalankatu 1 30100 Tammela																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistusvuosi:	1972																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Muut asuin kerrostalot																
Todistustunnus:	-																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatohokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatohokkuusluokka	A		B		C		D		E		F	F	G	
	Energiatohokkuusluokka																
A																	
B																	
C																	
D																	
E																	
F	F																
G																	
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-luku)</td> <td>216 kWh_e / (m³vuosi)</td> </tr> </tbody> </table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-luku)	216 kWh _e / (m ³ vuosi)														
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-luku)	216 kWh _e / (m ³ vuosi)																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Jarkko Halonen	Foracon Oy Pillolantie 19 31300 Tammela																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
10.11.14	10.11.24																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).